

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-217672

(43)Date of publication of application : 25.09.1991

(51)Int.Cl. F04B 43/04
F04B 43/02

(21)Application number : 02-011843

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 23.01.1990

(72)Inventor : MIYAZAKI HAJIME
HANDA MASAOKI
UEHARA TASUKE
MURANAKA TSUKASA

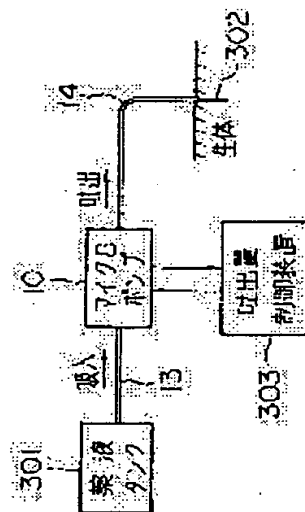
(54) DISCHARGE QUANTITY CONTROL METHOD FOR MICRO-PUMP

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately control a minute flow rate by controlling the number of pulse generation with frequencies specified within a definite period based on the unit discharge of a micro-pump by means of 1 pulse drive applied to a piezo-electric element, and thereby driving the piezoelectric element by drive signals based on the controlled numbers of pulses.

CONSTITUTION: The number of pulse generation with frequencies specified within a definite period is controlled by a control device 303 based on the unit discharge of a micro-pump 10 by means of 1 pulse drive applied to a piezo-electric element. In the second place, the piezo-electric element is driven based on the controlled numbers of pulses so that the discharge of the micro-pump 10 is thereby controlled.

As a result, a minute flow rate can thereby be accurately controlled by the micro-pump 10.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A)

平3-217672

⑤ Int. Cl.³F 04 B 43/04
43/02

識別記号

B
F

庁内整理番号

2125-3H
2125-3H

④ 公開 平成3年(1991)9月25日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全12頁)

⑥ 発明の名称 マイクロポンプの吐出量制御方法

⑦ 特 願 平2-11843

⑧ 出 願 平2(1990)1月23日

⑨ 発 明 者 宮 崎 肇 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

⑩ 発 明 者 半 田 正 明 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

⑪ 発 明 者 上 原 太 介 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

⑫ 発 明 者 村 中 司 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

⑬ 出 願 人 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

⑭ 代 理 人 弁理士 佐々木 宗治 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

マイクロポンプの吐出量制御方法

2. 特許請求の範囲

(1) 圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、

前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、一定周期内における所定周波数のパルス発生数を制御し、該制御された数のパルスによる駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量を制御することを特徴とするマイクロポンプの吐出量制御方法。

(2) 圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、

前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプ単位吐出量に基づき、発生させるパルス周波数を制御し、該制御された周波数のパルスによる駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量を制御することを特徴と

するマイクロポンプの吐出量制御方法。

(3) 圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、

前記圧電素子への1パルス駆動電圧対マイクロポンプの単位吐出量特性に基づき、発生させるパルス駆動電圧を制御し、該制御されたパルス駆動電圧による駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量を制御することを特徴とするマイクロポンプの吐出量制御方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法に関するものである。

〔従来の技術〕

従来きわめて微量の液体や気体の流量を精度良く制御できる方法、またはその装置としては満足できるものがほとんどなかった。

現在医療分野で使用している点滴装置は、薬液を微量ずつ水滴として落下させて患者に注入しているが、この点滴落下量を手動で調整することに

より薬液注入量が大まかに調整されているに過ぎない。この薬液注入量をさらに微量として、電気的流量制御手段により自動的に精度良く制御することはまだ行なわれていない。

また血液分析に必要とされる血液は微量で足りるはずであるが、微量の血液採取が困難のため、注射針による大量の血液採取が現在も行なわれている。

また最近シリコン・マイクロマシーニング技術の文献、例えば日経エレクトロニクス№480(1989年8月21日発行) p.125 ~ 155 “動くシリコンへ、Siマイクロマシーニング技術特集”が発表され、前記文献のp.135 ~ 139 にマイクロポンプの記載はあるが、具体的なマイクロポンプの吐出量制御方法、またはその装置についての技術は開示されていない現状である。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記のような従来の流量制御方法又は流量制御装置では、いずれもごく微量の流量を精度良く制御するという目的に適さないという問題点があっ

た。

本発明はかかる問題点を解決するためになされたもので、マイクロポンプを用いてごく微量の流量を精度良く制御できるマイクロポンプの吐出量制御方法を得ることを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

この第1の発明に係るマイクロポンプの吐出量制御方法は、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプと、前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、一定周期内における所定周波数のパルス発生数を制御するパルス発生数制御手段と、前記制御された数のパルスによる駆動信号により圧電素子を駆動する圧電素子駆動手段とを備えたものである。

この第2の発明に係るマイクロポンプの吐出量制御方法は、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプと、前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、発生させるパルス周波数を制御するパルス周波数制御手段と、前記制御された周波数のパルスによる

駆動信号により圧電素子を駆動する圧電素子駆動手段とを備えたものである。

この第3の発明に係るマイクロポンプの吐出量制御方法は、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプと、前記圧電素子への1パルス駆動電圧対マイクロポンプの単位吐出量特性に基づき、発生させるパルス駆動電圧を制御するパルス駆動電圧制御手段と、前記制御されたパルス駆動電圧による駆動信号により圧電素子を駆動する圧電素子駆動手段とを備えたものである。

〔作用〕

この第1の発明においては、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、パルス発生数制御手段は一定周期内における所定周波数のパルス発生数を制御し、圧電素子駆動手段は前記制御された数のパルスによる駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量を制御する。

この第2の発明においては、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、パルス周波数制御手段は発生させるパルス周波数を制御し、圧電素子駆動手段は前記制御された周波数のパルスによる駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量を制御する。

この第3の発明においては、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、前記圧電素子への1パルス駆動電圧対マイクロポンプの単位吐出量特性に基づき、パルス駆動電圧制御手段は発生させるパルス駆動電圧を制御し、圧電素子駆動手段は前記制御されたパルス駆動電圧による駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量を制御する。

〔実施例〕

まず本発明に係る圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの一実施例について説明し、

次にこの圧電素子のパルス駆動によりマイクロポンプの吐出量を制御する方法について詳細に説明する。

第1図は本発明に係る圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの一実施例を示す断面図である。図において、全体符号10で示すマイクロポンプは、基板1、薄膜板2、表面板3のサンドイッチ構造によるものである。

基板1は、例えば厚さ1 mm程度のガラス基板からなり、入力ポート11及び出口ポート12が設けられている。これらのポートにはそれぞれチューブ13、14を液洩れしないように接着剤15で接合し、チューブ13の基端は例えば薬液タンク（図示せず）に、チューブ14の先端は例えば注射針（図示せず）に連結される。

薄膜板2は、例えば厚さ0.3 mm程度のSi基板からなり、エッチング法により入口バルブ4、出口バルブ5、及び両バルブの間にダイアフラム6を形成し、さらに必要な流路（図示せず）を設け、基板1の上に陽極接合法で接合される。接合箇所

陽極接合法により接合され、上記のポンプ流路系を確立している。表面板3の厚さは約0.5 mmである。

第2図は圧電素子によりマイクロポンプを駆動する駆動回路の一実施例を示すブロック図であり、201はリチウム電池等の電源、202は昇圧回路、203はマイクロプロセッサ（以下CPUという）、204は低電圧の信号を高電圧の信号に変換するレベルシフタ、205は圧電素子7を駆動するドライバー、206はポンプの流量を表示する表示装置、207は流量制御用の選択スイッチである。

第3図(a)及び(b)は第1図の実施例の動作図であり、第2図、第3図(a)及び(b)を参照してマイクロポンプの一般的動作を説明する。

まず、スイッチ207で流量を選択し、CPU 203からポンプ駆動用パルス信号が出力される。CPU 203の信号は一般的に3～5Vの電圧で動作しており、また圧電素子7は50V等の高電圧で動作される。このため、昇圧回路202で3Vの電圧を50Vに昇圧し、レベルシフタ204によってC

は符号16a、16b、16cで示される部位である。

入口ポート11には、これに連なる入力流路（図示せず）が設けられ、この入力流路は通孔（図示せず）を介して出口バルブ5の上方に設けた室113に通じ、さらに別の図示されない通孔及び連絡流路を介して入口バルブ4の室116に通じている。入口バルブ4は弁体41で形成されており、その中心に通孔117を設け、上方の室118に通じている。さらに室118は別の図示されない通孔及び連絡流路を介してダイアフラム6下方のポンプ室121に通じ、圧力流体は出力流路を経て出口バルブ5の室123に流れる。そして、出口バルブ5は出口ポート12の入口12aを覆うキャップ状の弁体51で形成されている。

ダイアフラム6の駆動手段として、ピエゾディスクの圧電素子7が薄膜の電極板を介してダイアフラム6上に接着されている。図中、72、73は圧電素子7に電圧を印加するためのリード線である。

薄膜板2の上には基板1と同様のガラス基板からなる表面板3が圧電素子7の挿入口31を設けて

CPU 203からのパルス信号を50Vの高圧パルス信号に変換する。

ドライバ205はこのように圧電素子7に50Vのパルス電圧、例えば1Hz～数Hz程度の周期性駆動信号を印加し、ピエゾ効果による歪振動を発生させる。ピエゾ効果によりダイアフラム6が第3図(a)のように下側へたわむと、ポンプ室121の圧力が上昇し、この圧力はそれぞれ流路を通じて室118、123に同時に伝達されその内圧を昇圧する。室118の内圧の昇圧により入口バルブ4を設けた隔壁42が下側へ押され、入口バルブ4の弁体41を基板1に押しつけるため、入口バルブ4は閉じることになる。同時に、室123の内圧の昇圧によりその隔壁52を押し上げるため、出口バルブ5の弁体51が基板1より離れ、出口バルブ5が開き、出口ポート12へ定量の圧力流体を吐出する。

反対にダイアフラム6が第3図(b)のように上側へたわむと、ポンプ室121が減圧するので、これにより室123の隔壁52が下側へたわみ、出口バルブ5が閉じると同時に、室118の隔壁42が上側

へたわみ、入口バルブ4が開くため、通孔117を通じて入口ポート11に連通する室116から定量の流体を吸入する。

圧電素子7によりダイアフラム6を振動させることにより、上記の吸入・吐出が連続的に行われ、かつ振動数を増加させれば脈流の少ないポンプが得られる。しかも、出口バルブ5は出口ポート12の入口12aを覆うキャップ状の弁体51で形成されているため、出口ポート12の背圧による隔壁52の持上げ力（出口バルブ5の開放力）の作用方向は、その隔壁52に対するポンプ室121の圧力の押上げ方向と同じになり、背圧は出口バルブ5に対し開き勝手に作用する。そのため、背圧が出口バルブ5の持つ弾性力及び隔壁52に及ぼす外力に基づく押付力に打ち勝つまでは、つまり所要のポンプ使用範囲ではほぼ一定の流量を吐出することになる。

この実施例におけるマイクロポンプ10においては、マイクロポンプの圧電素子7に例えば50Vのパルス駆動を1回行う（これを1パルス駆動又は1ステップ駆動という）ことにより、 $0.05\mu\text{g}/$

step程度の流量を吐出することができる。

第4図は本発明の一適用例を示すマイクロポンプを用いた薬液注入装置のブロック図である。図において、10は前記説明のマイクロポンプ、301は内部に薬液の満たされた薬液タンク、13は薬液タンク301とマイクロポンプの入口ポート11との間のチューブ、14はマイクロポンプの出力ポート12と注射針302との間のチューブ、302は薬液を生体に注入する注射針、303は一部に第2図のマイクロポンプ駆動回路を含む吐出量制御装置である。

またこの吐出量制御装置303の具体的な実施例は、マイクロポンプの吐出量制御方法を説明するための、第5図、第7図及び第9図において詳細に説明される。

次に圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法について説明する。

マイクロポンプの吐出量制御方法を大別すると次の4つの方法がある。

(1) パルス密度による制御方法

(2) パルス周波数による制御方法

(3) 圧電素子駆動電圧制御による制御方法

(4) 上記(1)項又は(2)項と(3)項との組み合わせによる制御方法

最初にパルス密度による制御方法について説明する。

第5図は本発明に係るパルス密度制御装置の一実施例を示すブロック図であり、図において401は固定設定器、402は加算器、403は基本設定器であり、スイッチ $S_8 \sim S_4$ のオン・オフ操作により5ビットの任意の2進数(0~31)を設定することができる。404は加減算器、405は微調設定器であり、スイッチ $S_3 \sim S_1$ のオン・オフ操作により-3~+4の間の任意の数を設定することができる。406は#1係数乗算器であり、例えば係数 $k_1 = 11/8$ を入力データに乗算して出力する。407は#2係数乗算器であり、例えば係数 $k_2 = 7/4$ を入力データに乗算して出力する。408は選択器であり、3つの入力信号の内の1つの信号を、スイッチ S_2 及び S_0 の操作信号によ

り選択して出力する。409はパルス発生器であり、トリガ信号が入力されてからクロック信号を計数し、あらかじめ指定された数のパルス信号を出力する。またこの回路は、例えば減算カウンタ、フリップフロップ、ANDゲート等により構成することができる。

第6図(a)~(e)は第5図の動作を説明するための波形図である。

第6図を参照し、第5図の動作を説明する。いま固定設定器401には固定数10があらかじめ設定されているとする。スイッチ $S_8 \sim S_4$ のオン・オフ操作により5ビットの任意の2進数 n (但し n は最小値が0で、最大値が31の間の数である)が基本設定器403に設定される。加算器402は固定設定器401からの数10と基本設定器403からの数 n とを加算し、最小値は10で、最大値は41の間の数 $n+10$ を得る。

微調設定器405は、スイッチ $S_3 \sim S_1$ のオンで電源電圧 V_{cc} の印加される“1”レベル、オフで電圧の印加されない“0”レベルとなるので、

スイッチ S_3 、 S_2 及び S_1 の設定データにより以下に示す -3 ~ +4 の間の数値が設定される。

S_3	S_2	S_1	
1	0	1	のときは -3、
1	1	0	のときは -2、
1	1	1	のときは -1、
0	0	0	のときは 0、
0	0	1	のときは 1、
0	1	0	のときは 2、
0	1	1	のときは 3、
1	0	0	のときは 4 となる。

加減算器 404 は加算器 402 からの数 $n+10$ と、微調設定器 405 からの微調数 (-3 ~ +4 の間の数) との加減算を行い、その演算結果を直接選択器 408 に #1 入力信号として供給すると共に、#1 係数乗算器 406 及び #2 係数乗算器 407 へ供給する。#1 係数乗算器 406 は入力データに係数 $k_1 = 11/8$ を乗算し、端数は切り捨てにより整数とした出力データを選択器 408 に #2 入力信号として供給する。#2 係数乗算器 407 は入力データ

(即ちデューティ 50%) の繰り返しパルスである。トリガ信号はクロック信号の一定数を計数する度に発生する周期 T (例えば周波数 1 Hz のクロック信号を 180 個計数する時間とすると、 $T = 3$ 分となる。) の周期性信号である。

パルス発生器 409 は選択器 408 からパルス数指定データが供給されると、例えばこのパルス数指定データを内蔵するカウンタにプリセットする。そしてトリガ信号が入力されると、直ちにクロック信号を出力しながら、このクロック信号毎にカウンタにより -1 の減算を行い、カウンタ値がゼロになったときに、それ以降のクロック信号の出力を禁止する。そしてこの動作をトリガ信号の入力毎に繰り返す。このようにしてトリガ信号の入力毎に指定された数のパルス信号を出力することができる。

第 6 図の (c) は加減算器 404 からの #1 入力信号が選択器 408 により選択された場合の低密度パルスの波形を示し、同図の (d) は #1 係数乗算器 406 からの #2 入力信号が選択器 408 により選択

に係数 $k_2 = 1/4$ を乗算し、同様に端数は切り捨てにより、整数とした出力データを選択器 408 に #3 入力信号として供給する。

選択器 408 は、スイッチ S_a 及び S_b の設定データにより以下に示す選択動作を行い、その出力信号をパルス数指定データとしてパルス発生器 409 へ供給する。

S_a	S_b	
0	0	のときはどの入力信号も出力しない。
0	1	のときは #1 入力信号を選択して出力する。
1	0	のときは #2 入力信号を選択して出力する。
1	1	のときは #3 入力信号を選択して出力する。

第 6 図の (a) 及び (b) には、パルス発生器 409 に供給されるクロック信号とトリガ信号の波形がそれぞれ示されている。クロック信号は周期 t (例えば 1 秒) で、オンとオフの時間が等しい

された場合の中密度パルスの波形を示し、同図の (e) は #2 係数乗算器 407 からの #3 入力信号が選択器 408 により選択された場合の高密度パルスの波形を示している。

この第 5 図の装置により、トリガ信号の周期 (前例では 3 分) 内に低密度パルスとしては最低 7 ($-10 + 0 - 3$) から最高 45 ($-10 + 31 + 4$)、中密度パルスとしては最低 9 から最高 61、高密度パルスとしては最低 12 から最高 78 までの数のパルス信号を出力し、このパルス信号を第 2 図の圧電素子駆動回路内のレベルシフト 204 に供給する。レベルシフト 204 は入力パルス信号を例えば 50 V の高圧パルス信号に変換し、ドライバ 205 を介して圧電素子 7 を駆動する。この圧電素子 7 と連動するダイヤフラム 6 の変位により、マイクロポンプが流体を吐出する。即ち一定周期内のパルス数を示すパルス密度によりマイクロポンプの吐出量が制御される。

次にパルス周波数による制御方法について説明する。

第7図は本発明に係るパルス周波数制御装置の一実施例を示すブロック図であり、図において、401～408は第5図における機器と同一のものである。501はデジタルデータをアナログ電圧に変換するD/A変換器、502は入力制御電圧により発振する周波数が制御される電圧・周波数（以下V/Fという）変換器である。

第8図(a)～(c)は第7図の動作を説明するための波形図である。

第8図を参照し、第7図の動作を説明する。第7図の401～408の機器は、以下の点を除き第5図における機器と全く同じ動作を行う。即ち第5図においては、一定の周期T内における周期tのパルス信号の数を任意に指定するための動作を行っていた。しかし第5図の装置においては、トリガ信号の入力直後から周期tのクロックパルス信号が連続して発生される動作期間と、クロックパルス信号の全く発生しない休止期間の2つの期間が存在していることが判る。第7図の装置においては、V/F変換器502の発振周波数を制御する

ことにより、パルス信号の全く発生しない休止期間を最小又は零として、即ち時間軸に対して一定の吐出量を保持するように制御を行って、吐出量の脈動を軽減せんとするものである。従って固定設定器401、基本設定器403及び微調設定器405に設定されるデータは周波数についてのデータとなる。

選択器408は3つの周波数指定データの内の1つを選択し、これをD/A変換器501に供給する。D/A変換器501は入力データに対応したアナログ制御電圧をV/F変換器502に供給する。V/F変換器502は入力制御電圧により制御された発振周波数の信号を波形整形したパルス信号として出力する。

第8図の(a)、(b)及び(c)はそれぞれ低周波パルス、中周波パルス及び高周波パルスの波形をそれぞれ示している。同図においては、高周波パルスの周波数をfとすると、中周波パルスの周波数はf/2、低周波パルスの周波数はf/3として示されている。但し、ここで使用した高周波パル

スの周波数fは1Hz～数十Hz程度であり、一般の周波数区分で使用される場合と異なり、交流電源以下の周波数であることに注意を要する。

また第7図のD/A変換器501とV/F変換器502に代えて、比較的高い周波数のクロック信号をあらかじめ発生させ、このクロック信号を所望の分周比により分周させ、低い周波数を出力する可変分周比の分周回路を設けることにより、所望の周波数信号をデジタル的に得る方法でもよい。

次に圧電素子駆動電圧制御による制御方法について説明する。いま圧電素子7に印加するパルス駆動電圧を前記説明における50Vの一定とせず、例えば30V～100Vの範囲で連続的に変化させると圧電素子のピエゾ効果による変位量もこれに対応して変化するので、この効果を利用してマイクロポンプの吐出量を制御することが可能となる。一般に圧電素子7に電圧を印加し、ピエゾ効果が発生させることができる電圧の可変範囲は余り広くはない。しかしこの可変範囲内において、アナログ的な微細な制御を行うことが可能である。

前記パルス密度による制御方法又はパルス周波数による制御方法は、いずれもデジタル制御方法であるから、1パルス以下の吐出量の制御は原理的にできない。従ってパルス密度による制御方法において、例えば3分間に35.8パルスに相当する吐出量の制御を行うことはできない。このような高精度の制御も、圧電素子駆動電圧制御方法によれば可能になるという特徴がある。また、この圧電素子駆動電圧制御による方法は、単独においても、また他のパルス密度による方法もしくはパルス周波数による方法との組み合わせによっても実施することができる。

第9図は本発明に係る圧電素子駆動電圧制御装置の一実施例を示すブロック図である。図において、601は外部より供給される（例えば第5図の401～408の機器と同一機器により構成される）電圧制御データ指定手段により供給される）電圧制御データをアナログ制御電圧に変換するD/A変換器、602は電池等の直流電源をDC/DC変換して高圧に昇圧する回路で、外部よりの制御電圧

によりDC/DC変換用パルスのデューティを制御して、出力電圧を例えば30Vから100Vまで可変制御できる昇圧回路である。603はスイッチ S_c が開のときには、内部の発振器により一定周波数のパルス信号を発生し、スイッチ S_c が閉となり外部からパルス数又はパルス周波数の制御信号が供給されると、この制御信号に従ったパルス信号を発生するパルス発生器である。604はパルス発生器603からのパルス信号に基づき、昇圧回路602から供給される被制御電圧を圧電素子7に印加する駆動回路である。

第10図(a)～(e)は第9図の動作を説明するための波形図である。同図(a)は低電圧(例えば30V)の一定周波数のパルスによる圧電素子の駆動波形を示し、(b)は中電圧(例えば50V)の一定周波数のパルスによる同駆動波形を示し、(c)は高電圧(例えば100V)の一定周波数のパルスによる同駆動波形をそれぞれ示している。

また第10図の(d)及び(e)は、パルス密度による制御と圧電素子駆動電圧による制御との組合せ

制御による波形例を示している。同図(d)は例えば前例の3分間に35.6パルスに相当する吐出量の制御を行いたい場合に、#1～#35までのパルスは50Vの電圧により圧電素子を駆動し、#36のパルスのみ30Vの電圧により圧電素子を駆動し、0.6パルス相当の微細な吐出量を最後に付加した例を示している。同図の(e)は3分間に35.4パルスに相当する吐出量の制御を行いたい場合に、#34までのパルスは50Vの電圧により圧電素子を駆動し、#35のパルスのみ70Vの電圧により圧電素子を駆動し、1.4パルス相当の吐出量を最後に付加した例を示している。このようにして高精度の吐出量制御を実現することができる。

[発明の効果]

以上説明したようにこの第1の発明によれば、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、一定周期内における所定周波数のパルス発生数を制御し、該制御された数のパルスによる

駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量をデジタル的に制御するようにしたので、微量の流量を精度良く制御できる優れた制御特性が得られ、またカスタムLSI等によりこの制御回路を容易に構成することができるので、マイクロポンプと一体構造としても、小形軽量で安価な製品を製作できるという効果が得られる。

またこの第2の発明によれば、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方法において、前記圧電素子への1パルス駆動によるマイクロポンプの単位吐出量に基づき、発生させるパルス周波数を制御し、該制御された周波数のパルスによる駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量が時間に対して一定値となるように制御するので、前記第1の発明における吐出量の脈動が大幅に軽減された流量制御特性が得られるという効果が得られる。

またこの第3の発明によれば、圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの吐出量制御方

法において、前記圧電素子への1パルス駆動電圧対マイクロポンプの単位吐出量特性に基づき、発生させるパルス駆動電圧を制御し、該制御されたパルス駆動電圧による駆動信号により圧電素子を駆動することにより、マイクロポンプの吐出量をアナログ的に制御するようにしたので、前記第1の発明又は第2の発明における吐出量制御特性よりもさらに精度の高い微細な吐出量の制御が可能となるという効果が得られる。

4. 図面の簡単な説明

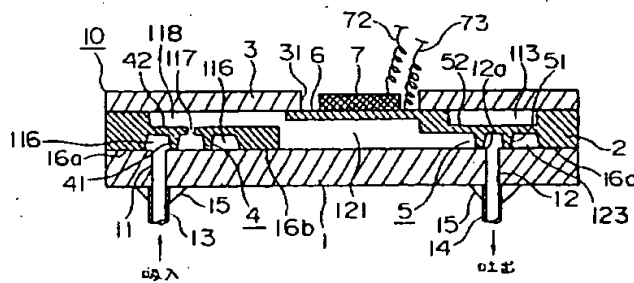
第1図は本発明に係る圧電素子によりパルス駆動されるマイクロポンプの一実施例を示す断面図、第2図は圧電素子によりマイクロポンプを駆動する駆動回路の一実施例を示すブロック図、第3図(a)及び(b)は第1図の実施例の動作図、第4図は本発明の一適用例を示すマイクロポンプを用いた薬液注入装置のブロック図、第5図は本発明に係るパルス密度制御装置の一実施例を示すブロック図、第6図(a)～(e)は第5図の動作を説明するための波形図、第7図は本発明に係るパルス周

波数制御装置の一実施例を示すブロック図、第8図(a)～(c)は第7図の動作を説明するための波形図、第9図は本発明に係る圧電素子駆動電圧制御装置の一実施例を示すブロック図、第10図(a)～(e)は第9図の動作を説明するための波形図である。

図において、1は基板、2は薄膜板、3は表面板、4は入口バルブ、5は出口バルブ、6はダイヤフラム、7は圧電素子、10はマイクロポンプ、11は入口ポート、12は出口ポート、13,14はチューブ、16a,16b,16cは接合部、41,51は弁体、42,52は隔壁、72,73はリード線、113,116,118,123は室、121はポンプ室、201は電源、202は昇圧回路、203はCPU、204はレベルシフタ、205はドライバー、206は表示装置、207はスイッチ、301は薬液タンク、302は注射針、303は吐出量制御装置、401は固定設定器、402は加算器、403は基本設定器、404は加減算器、405は微調設定器、406は#1係数乗算器、407は#2係数乗算器、408は選択器、409はパルス発生器、

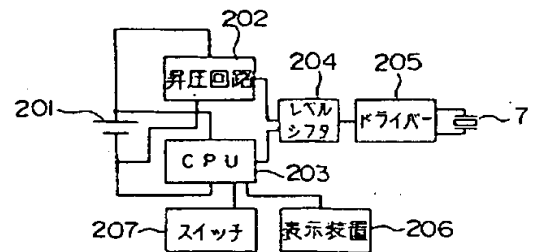
501,601はD/A変換器、502はV/F変換器、602は昇圧回路、603はパルス発生器、604は駆動回路である。

代理人 弁理士 佐々木 宗 治

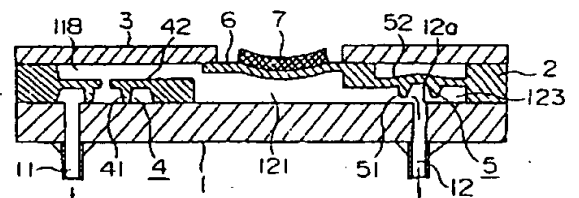


第1図

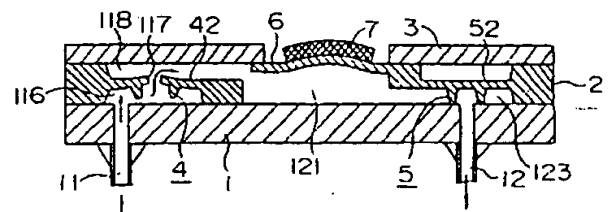
- | | |
|-------------|------------------|
| 1: 基板 | 13,14: チューブ |
| 2: 薄膜板 | 16a,16b,16c: 接合部 |
| 3: 表面板 | 41,51: 弁体 |
| 4: 入口バルブ | 42,52: 隔壁 |
| 5: 出口バルブ | 72,73: リード線 |
| 6: ダイヤフラム | 113: 室 |
| 7: 圧電素子 | 116: 室 |
| 10: マイクロポンプ | 118: 室 |
| 11: 入口ポート | 121: ポンプ室 |
| 12: 出口ポート | 123: 室 |



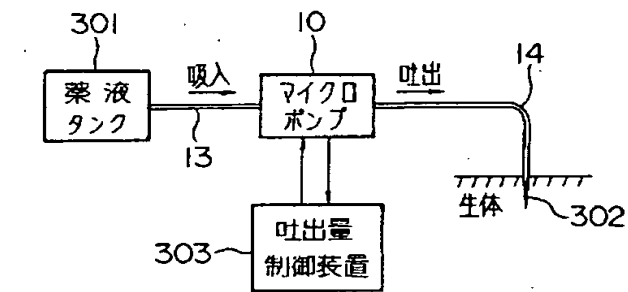
第2図



第3図(a)



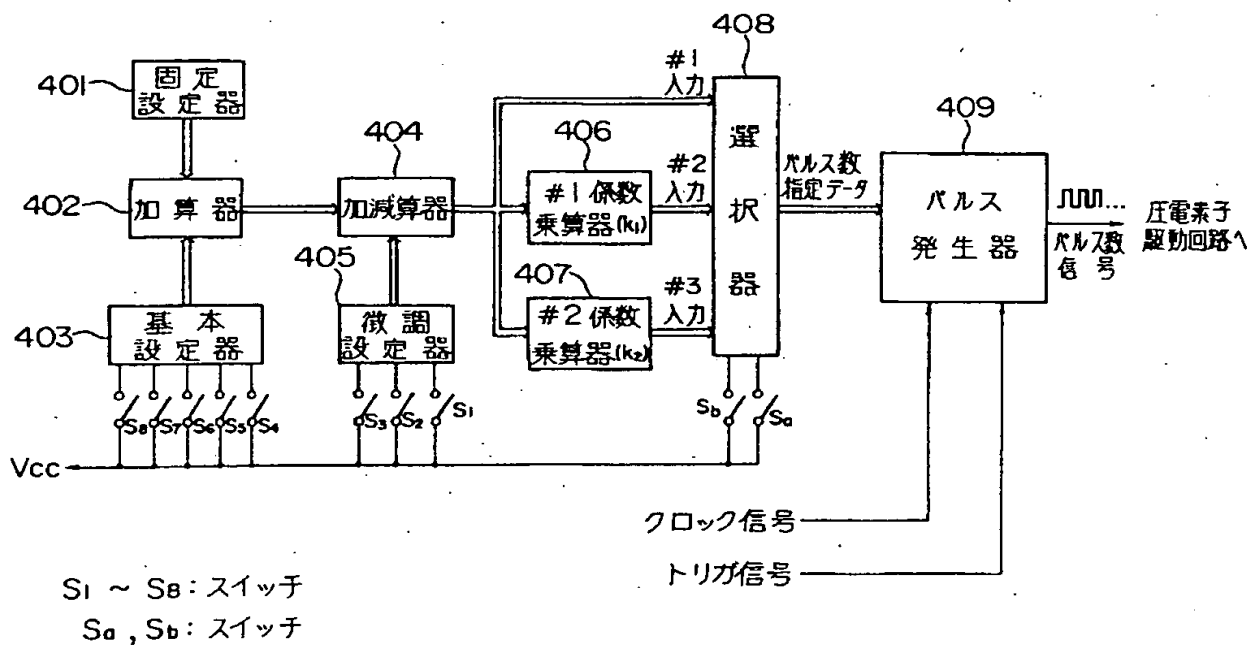
第3図(b)



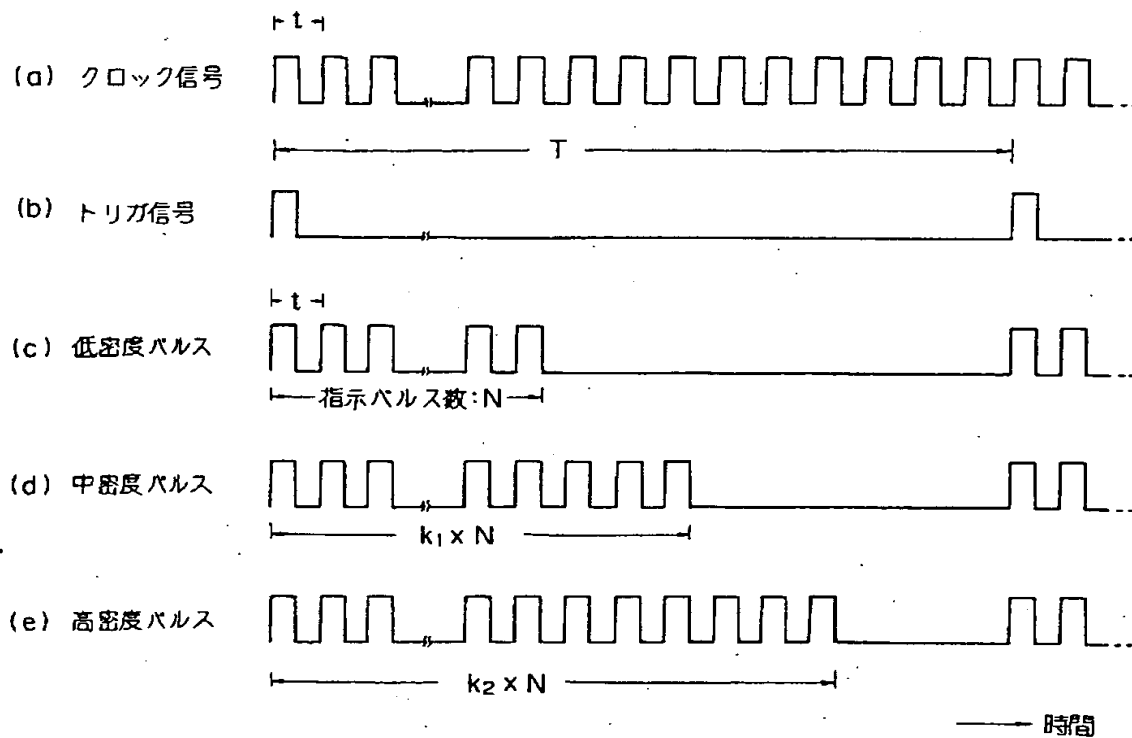
13, 14: チューブ

302: 注射針

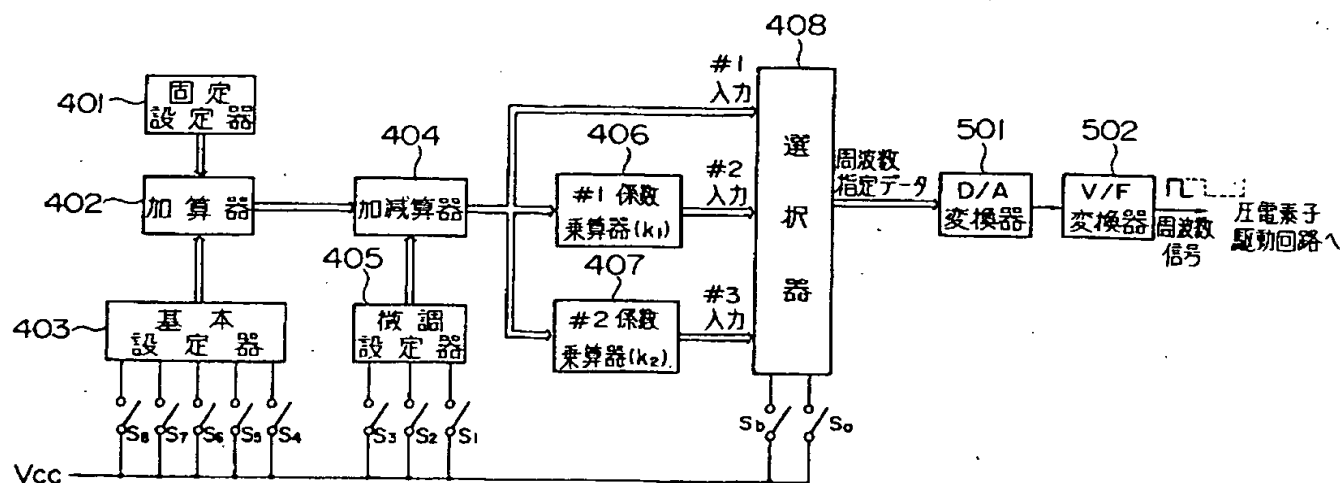
第 4 図



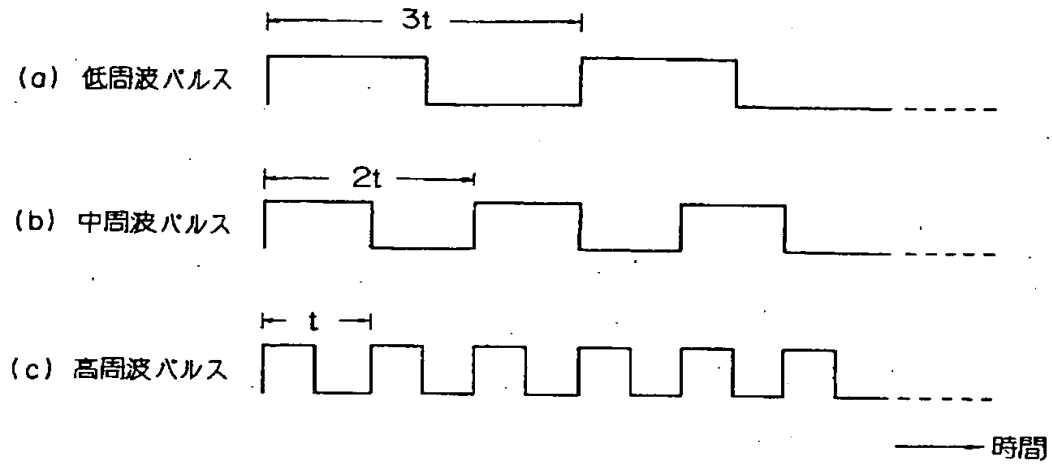
第 5 図



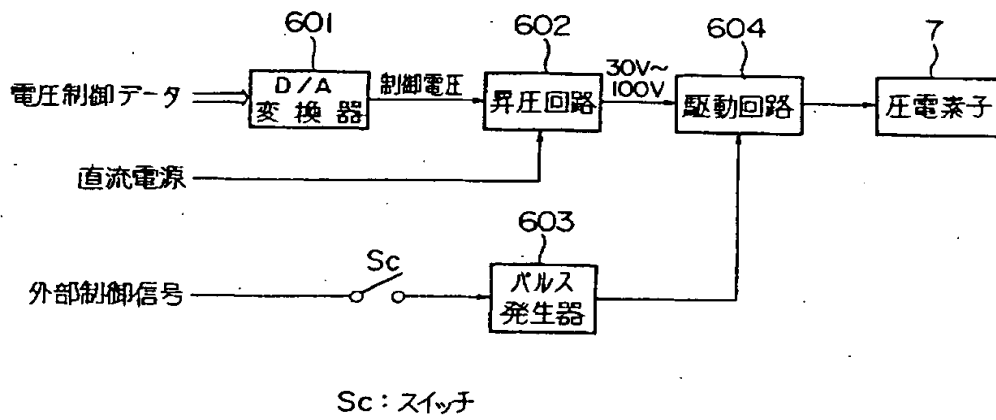
第 6 図



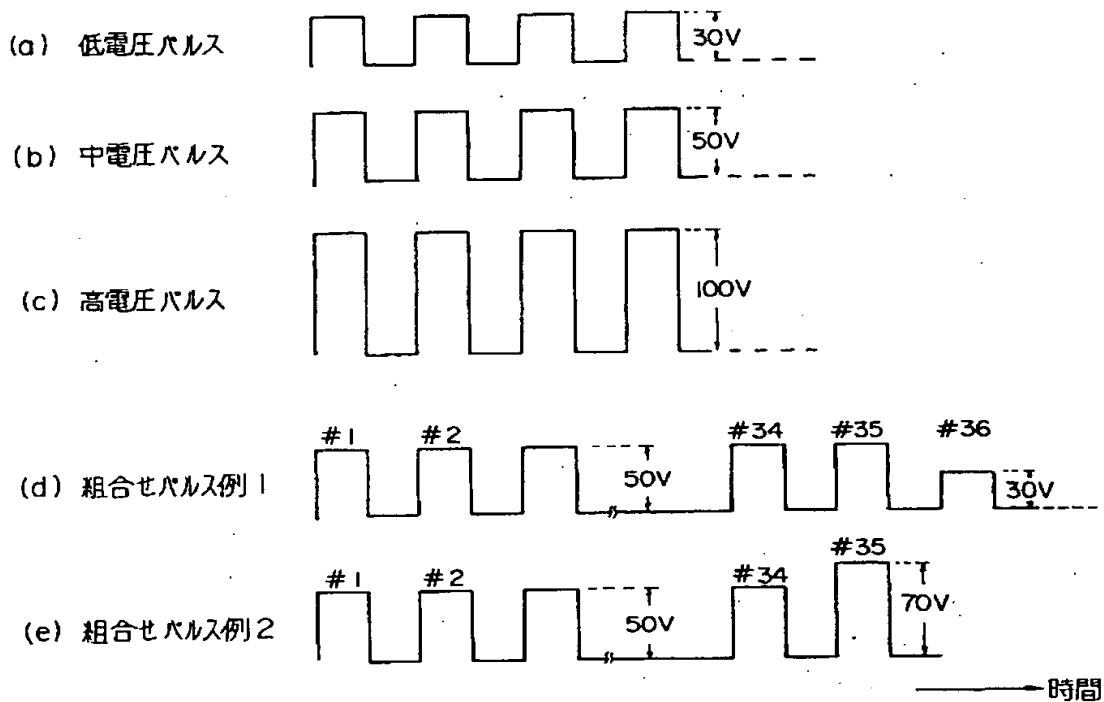
第 7 図



第 8 図



第 9 図



第 10 図